

الجامعة العربية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا

الفيزياء الهندسية (1) نظري



كلية الهندسة المعلوماتية
د.رنا الصوفي

المفاهيم الأساسية في علم الحرارة

يدرجة الحرارة : إن حاسة اللمس عند الانسان غير كافية لتقدير حالة الجسم الحرارية بدقة متناهية فالإنسان يستطيع التمييز بين البارد والساخن ولكنه لا يستطيع معرفة الحالة الحرارية للجسم في المجالات الواقعة خارج المجال الطبيعي لحواسه لذا كان لا بد من ايجاد مقدار فيزيائي يمكننا من التمييز بدقة متناهية عن حرارة الجسم هذا المقدار هو درجة الحرارة

تعريف درجة الحرارة : مقدار فيزيائي يعين اتجاه انتقال الطاقة الحرارية المتبادلة بين الجسم ومحيطه الخارجي ويستخدم لهذا الغرض موازين حرارة مختلفة تعتمد في أساسها على مبدأ التوازن الحراري بينها وبين الجسم المراد قياس درجة حرارته مستخدمة بذلك إحدى الخواص الفيزيائية لمادتها التي تتغير خطياً مع تغير درجة الحرارة

درجة الحرارة وقياسها :

إن مقياس درجة الحرارة هو جهاز يستخدم لقياس درجة حرارة أي نظام وهناك أنواع عديدة من المقاييس والتي تعتمد على مبدأ تغير خاصة فيزيائية مع درجة الحرارة ومن هذه الخواص الفيزيائية التي تتغير بتغير درجة الحرارة هي :

حجم السائل - أبعاد الجسم الصلب – ضغط الغاز عند حجم ثابت – حجم الغاز عند ضغط ثابت – المقاومة الكهربائية - لون الجسم

سلالم درجات الحرارة :

1. سلم درجات الحرارة المئوية Centigrade :

نختار درجة انصهار الجليد الدرجة صفر مئوية ودرجة غليان الماء المقطر تحت الضغط الجوي النظامي /100/ مئوية ويقسم المجال بين هاتين الدرجتين إلى /100/ قسم متساو يسمى كل منها درجة مئوية ونرمز لها بالرمز C°

2. سلم درجات الحرارة الفهرنهايتي Fahrenheit :

يرمز له بالرمز F° نسبة إلى العالم فهرنهيت حيث اختار نقطتين المرجع ممثلتين بدرجة حرارة تساوي تقريباً $-18C^{\circ}$ وهي درجة حرارة الملح والثلج وأخذ درجة حرارة الجسم البشري كنقطة ثابتة فتكون الدرجة المقابلة لـ C° هي $32F^{\circ}$ والدرجة المقابلة لغليان الماء $100C^{\circ}$ هي $212F^{\circ}$ يقسم المجال بين هاتين النقطتين إلى /180/ قسم متساو والعلاقة بين التدريج المئوي والفهرنهايتي هي :

$$t(F^{\circ}) = \frac{180}{100}\, t(C^{\circ}) + 32$$

$$= \frac{9}{5} T(C^{\circ}) + 32$$

$$t(C^{\circ}) = \frac{5}{9} \, [\, t(F^{\circ}) - 32 \,]$$

3. التدريج المطلق (كلفن) نرمز لها بالرمز K° :

تكون درجة انصهار الجليد مساوية $273K^{\circ}$ ودرجة غليان الماء مساوية $373K^{\circ}$ ونقسم المجال بين هاتين الدرجتين إلى /100/ قسم متساو نسمي كل منها درجة مطلقة ودرجة الحرارة المئوية ودرجة الحرارة المطلقة ترتبط بالعلاقة :

$$T(K^{\circ}) = t(C^{\circ}) + 273$$



مسألة :

درجة حرارة جسم ما هي (F°) 59 احسب درجة حرارته على كل من المقياس المئوي والمطلق

الحل :

باستخدام العلاقة

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$

$$= \frac{5}{9}(59 - 32) = 15 \; c^{\circ}$$

$$T_K = T_C + 273$$

$$= 15 + 273 = 288 \; (k)$$

مسألة :

يسخن ماء من الدرجة $25C^{\circ}$ إلى الدرجة $80C^{\circ}$ والمطلوب حساب التغير في درجة الحرارة على المقياس المئوي والفهرنهايتي

الحل :

التغير على السلم المئوي

$$\Delta T_C = 80 - 25 = 55\ (C^{\circ})$$

التغير في سلم الفهرنهايتي

$$\Delta T_F = \frac{9}{5} \Delta T_C$$

$$= \frac{9}{5} \times 55 = 99\ (F)$$

$$\Delta T_k = \Delta T_c = 55 (k)$$

مسألة :

ماهي درجة الحرارة التي يكون فيها المقياس المئوي ومقياس فهرنهايت نفس القيمة العددية ؟

الحل :

نفرض أن درجة الحرارة

$$T_F = T_C = x$$

من العلاقة

$$T_F = \frac{9}{5} T_c + 32 \Rightarrow$$

$$x = \frac{9}{5} X + 32$$

نضرب بـ 5

$$5x = 9x + 160$$

$$4x = -160$$

$$\Rightarrow X = -40$$

أي أن

$$T_C = T_F = -40$$

طرق قياس درجات الحرارة :

نستخدم أجهزة تدعى موازين الحرارة (ترمومترات) منها :

1. ميزان الحرارة الغازية (الميزان المعياري)
2. موازين الحرارة السائلة منها :

أ- ميزان الحرارة الزئبقي حيث يتجمد في الدرجة $-39C^{\circ}$ ويغلي في الدرجة $337C^{\circ}$

ب- ميزان الحرارة الكحولي حيث يتجمد الكحول في الدرجة $-115C^{\circ}$ ويغلي في الدرجة $+75^{\circ}$

تمدد الأجسام بالحرارة :

إن جميع الأجسام (صلبة - سائلة - غازية) تتمدد بالحرارة وتتقلص بالبرودة

أ- التمدد الطولي للأجسام الصلبة (تمدد خطي):

يعطى بالعلاقة :

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_{\circ} . \Delta T}$$

حيث:

α : تدعى معامل التمدد الطولي

ΔL : الزيادة في طول الجسم

$L_{\circ}$: طول الجسم الأصلي

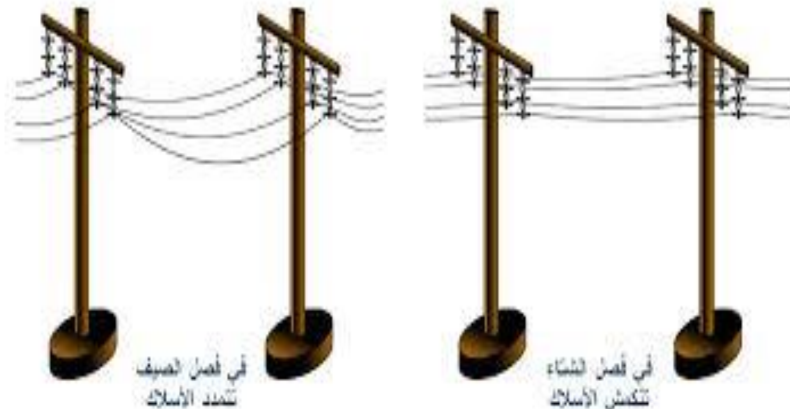
ΔT : الفرق بين درجة الحرارة الابتدائية والنهائية

تعريف معامل التمدد الطولي :

مقدار التغير النسبي في طول القضيب عندما تتغير درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة

ويقدر بالواحدة $\frac{1}{K^{\circ}}$ أو C^{0-1} ويعطى طوله الجديد في الدرجة وفق العلاقة

$$L = L_{\circ} (1 + \alpha . \Delta T)$$



ب- التمدد الحجمي :

ويعطى بالعلاقة :

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_\circ . \Delta T}$$

حيث :

β : عامل التمدد الحجمي

$V_\circ$: حجم الجسم الأصلي

ΔT : الفرق بين درجة الحرارة الابتدائية والنهائية

ΔV : الزيادة بالحجم الذي طرأ على الجسم

ويؤخذ التمدد الحجمي للأجسام بعين الاعتبار عند اقامة الجسور والمنشآت ومد السكك الحديدية وبناء المصانع

تمدد السوائل :

إن عامل التمدد α الحقيقي للسائل يساوي مجموع عامل التمدد الظاهري وعامل التمدد الحجمي للوعاء ويعطى بالعلاقة :

$$\alpha = a + \phi$$

حيث :

α : عامل التمدد الحقيقي للسائل

a : عامل التمدد الظاهري

ϕ : عامل التمدد الحجمي للوعاء

ملاحظة :

الكتلة النوعية ρ لجسم صلب مقدار غير ثابت ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بدرجة الحرارة وهذا ما تبينه العلاقة التالية :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

حيث :

m كتلة الجسم

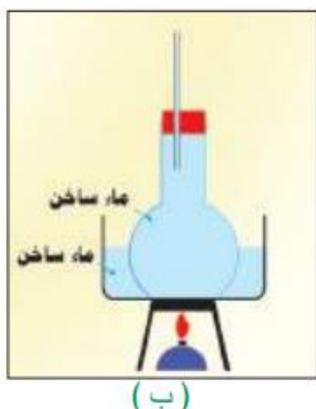
V حجمه في الدرجة tc°

ρ كتلته النوعية في الدرجة oc°



(أ)

يزداد حجم السائل بإرتفاع درجة حرارته



(ب)

مسألة :

نصنع ثقب دائري في صفيحة من النحاس الأصفر قطره في الدرجة $20C^{\circ}$ هو 2cm احسب قطره الجديد عندما نسخن الصفيحة إلى $220C^{\circ}$

الحل :

تتمدد الصفيحة بنفس الطريقة سواءاً كان الثقب موجوداً أم لم يكن وبالتالي فإن الثقب يتمدد وكما لو كان قطعة دائرية من النحاس لها نفس القطر حيث $\alpha = 19 \times 10^{-6}(C^{-1})$ (معامل التمدد الطولي للنحاس)

$$\Delta T = 220 - 20 = 200\ (C^{\circ})$$

$$\Delta L = \alpha \times L_0 \times \Delta T$$

$$\Delta L = (19 \times 10^{-6})(2)(200) = 0.0076(cm)$$

وبالتقريب $= 0.008$

القطر الجديد ← $L = L_{\circ} + \Delta L = 2.008\ (cm)$

مسألة :

قطعة من الألمنيوم طولها $3.66(m)$ عند درجة حرارة $-28C^{\circ}$ كم يزداد طول القطعة عندما تصبح درجة حرارتها $39C^{\circ}$

الحل :

$$\alpha = \frac{\Delta l}{L_{\circ} \Delta T}$$

$$\Rightarrow \Delta L = \alpha L_{\circ} \Delta T$$

$$= \alpha \times L_{\circ}(T_2 - T_1)$$

$$= 25 \times 10^{-6} \times 3.66 \times (39 - (-28))$$
$$= 6.1 \times 10^{-3}(m)$$

مسألة :

ملئ وعاء زجاجي سعته $400\ ml$ عند درجة حرارة الغرفة بماء بارد درجة حراراته $4.4(C^{\circ})$ ما مقدار الماء المسكوب من الوعاء عندما يسخن الماء إلى $30(C^{\circ})$ ؟

الحل :

في البداية كان الوعاء الزجاجي يحوي ماء حجمه $400\ ml$ ودرجة حرارته $4.4(C^{\circ})$
نوجد التغير في الحجم عند $30(C^{\circ})$

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_{\circ}(\Delta T)}$$
$$\Rightarrow \Delta V = \beta V_{\circ} \Delta T$$
$$= (210 \times 10^{-4})(400 \times 10^{-6})(30 - 4.4)$$
$$= 2.15 \times 10^{-4}(m^3) = 215(ml)$$

أسس الميكانيك الكلاسيكي

سندرس قوانين نيوتن في تحريك الجسم الصلب آخذين بعين الاعتبار قوى الاحتكاك التي تخضع لها الأجسام المتحركة
وسنعتبر الجسم المدروس عبارة عن نقطة مادية لها كتلة وليس لها أبعاد أي أنها لا تقوم بحركة دورانية

قوانين نيوتن :

قانون نيوتن الأول :

ينص : يحافظ أي جسم على حالته السكونية أو حالته المستقيمة بسرعة ثابتة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية (أو مجموعة من القوى محصلتها لا تساوي الصفر) تجبره على تغيير حالته



قانون نيوتن الثاني :

ينص : إذا أثرت قوة (مجموعة من القوى محصلتها لا تساوي الصفر) في جسم ساكن أو متحرك بحركة مستقيمة منتظمة فإنها تكسبه تسارعاً باتجاهها ويتناسب هذا التسارع طرداً مع شدة القوة المؤثرة في الجسم وثابت التناسب بينهما هو كتلة الجسم
الصيغة الرياضية للقانون $\vec{F} = m\vec{a}$

قانون نيوتن الثالث :

ينص : لكل فعل رد فعل مساوياً له بالقيمة ومعاكساً له بالاتجاه



مسألة :

جسم كتلته $2\ Kg$ موضوع على سطح أفقي أملس تؤثر عليه قوة مقدارها $10\ (N)$ أوجد تسارع الجسم

الحل :

نطبق قانون نيوتن الثاني

$$F = m.a$$

$$\Longrightarrow \quad a = \frac{F}{m} = \frac{10}{2} = 5\left(\frac{m}{s^2}\right)$$

مسألة :

صندوق كتلته $20\ (Kg)$ يسحب على سطح خشن بقوة أفقية $100\ (N)$ إذا كان معامل الاحتكاك بين السطح والصندوق 0.2 فما تسارع الصندوق

الحل :

قوة الاحتكاك

$$F_f = \mu.N = \mu.m.g$$

$$= 0.2 \times 20 \times 10 = 40\ (N)$$

القوة المحصلة

$$F_{net} = F - F_f$$

$$= 100 - 40 = 60\ (N)$$

التسارع

$$a = \frac{F_{net}}{m} = \frac{60}{20} = 3\left(\frac{m}{s^2}\right)$$

مسألة :

سيارة كتلتها $1200\ Kg$ تكبح فجأة إذا كان معامل الاحتكاك القصوى بين الإطارات والطريق 0.8 ما قيمة أقصى تسارع سلبي (تسارع للتوقف) يمكن تحقيقه

الحل :

أقصى احتكاك أفقي

$$F_{max} = \mu_s.N = \mu_s\, mg$$

$$= 0.8 \times 1200 \times 9.8$$

نحسب التسارع الأقصى

$$a_{max} = \frac{F_{max}}{m} = \mu_s\, g = 0.8 \times 9.8 = 7.84 \left(\frac{m}{s^2}\right)$$

النتيجة أقصى تسارع سلبي $-7.84 \left(\frac{m}{s^2}\right)$ (سالبة لأنها إبطاء)

مسألة :

صاروخ كتلته الابتدائية $1000\ (Kg)$ يطلق غازات كتلتها $100\ (Kg)$

بسرعة $\left(\frac{m}{s}\right)$ 500 بالنسبة للصاروخ للخلف في عملية تفريغ الوقود

احسب سرعة الصاروخ بعد إطلاق الغازات مع افتراض أن الصاروخ كان ساكناً قبل الإطلاق ولا يوجد احتكاك

الحل :

نستخدم قانون نيوتن الثالث

قبل الإطلاق : $P_{initial} = 0$

بعد الإطلاق : $P_{final} = m_{rocket}\, v_{rocket} + m_{gas}\, v_{gas} = 0$

$$(1000 - 100)\, v_{rocket} + 100 \times (-500) = 0$$

$$900\, v_{rocket} - 50000 = 0$$

$$\Rightarrow \quad v_{rocket} = \frac{50000}{9000} = 55.56 \left(\frac{m}{s}\right)$$

وهو في الاتجاه المعاكس لحركة الغازات

الحركة الاهتزازية التوافقية البسيطة

إذا كانت حركة الجسم حول النقطة الثابتة متناظرة بالنسبة للنقطة وكانت القوة المؤثرة هي قوة إرجاع تتناسب مع الإزاحة $F = -kx$

وأمكن التعبير عن إزاحة الجسم بالنسبة للنقطة الثابتة بتابع جيبي للزمن فإننا نسمي الحركة بالحركة الاهتزازية التوافقية البسيطة

أهم المقادير الأساسية للحركة الاهتزازية التوافقية البسيطة

الدور *T* : الزمن اللازم لإتمام دورة كاملة

التردد *F* : هو عدد الأدوار التي يقوم بها الجسم خلال ثانية واحدة

وحدة قياس التردد هي s^{-1} أو الهرتز Hz

المطال (الفاصلة) *X* : هي بعد الجسم اللحظي $x\ (t)$ عن مركز توازن الجسم (مبدأ الإحداثيات) ويقاس ب المتر أو السنتيمتر

السعة *A* : هي أكبر بعد ممكن للجسم عن وضع توازنه (المطال الأعظمي) ويؤخذ عادة بالقيمة المطلقة ويقاس ب (المتر) أو (السنتيمتر)

المعادلة العامة للحركة الاهتزازية التوافقية البسيطة

$$a_x = \frac{F}{m} = \frac{-Kx}{m}$$

$$a_x + \frac{K}{m}\,\mathrm{x} = 0$$

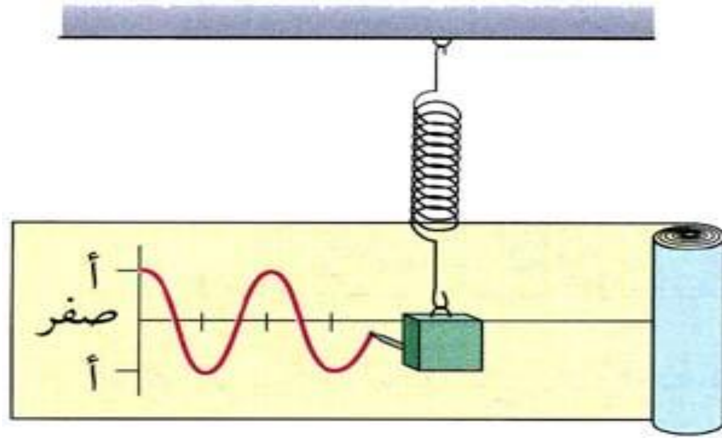
معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية حلها :

$$x = A\sin(wt + \varphi)$$

حيث $w = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$$x = A\sin\left(\sqrt{\frac{K}{m}} + \varphi\right)$$

وإن وحدة قياس التردد الزاوي هي (rad/s)



مسألة :

جسم كتلته $2\ (Kg)$ معلق بنابض ثابت مرونته $K = 50\ \frac{N}{m}$ ويتأرجح بسعة $A = 0.2\ (m)$

احسب الطاقة الكلية للنظام ، الطاقة الحركية عندما تكون الإزاحة $x = 0.1\ (m)$

الحل :

الطاقة الكلية

$$E = \frac{1}{2}KA^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 50 \times (0.2)^2 = 1\ (J)$$

الطاقة الحركية

$$K = E - U$$

$$= E - \frac{1}{2}Kx^2$$

$$K = 1 - \frac{1}{2} \times 50 \times (0.1)^2$$

$$K = 0.75\ (J)$$

مسألة :

جسم كتلته $1\ (Kg)$ معلق بنابض ثابت المرونة $K = 25\ \left(\frac{N}{m}\right)$ ويؤثر عليه قوة خارجية متغيرة $F = 5\ \cos(2t)\ \text{N}$

والمطلوب إيجاد تردد الرنين للنظام

الحل :

التردد الزاوي الطبيعي

$$w_0 = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{25}{1}} = 5\ \text{rad/s}$$

تردد القوة المؤثرة $w = 2\ rad\ /s$

والرنين يحدث عندما

$$w = w_0 = 5 \left(\frac{rad}{s}\right)$$

وهنا $w = 2$ أقل من $w_0 \Longleftarrow$ النظام ليس في حالة رنين

- أهم المعادلات المستخدمة في الحركة الاهتزازية التوافقية البسيطة :

$$x\ (t) = \mathrm{A}\cos(wt + \phi)$$

A السعة

W التردد الزاوي

ϕ زاوية الطور

$$v\ (t) = -A\,w\sin(wt + \phi)$$

$$WA = v_{max}$$

$$a\ (t) = -A\,w^2\cos(wt + \Phi)$$

$$a_{max} = w^2\mathrm{A}$$

$$w = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \frac{\longrightarrow \text{ثابت النابض}}{\longrightarrow \text{الكتلة}}$$

عدد الاهتزازات في الثانية $f = \frac{w}{2\pi}$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{w}$$

$$E = \frac{1}{2}\ KA^2 = \frac{1}{2}\ m\,w^2A^2$$

إذا كانت ثابتة لا يوجد تخميد

تتغير مع الإزاحة $K = \frac{1}{2}\ mv^2 = E - \frac{1}{2}\ Kx^2$

$$U = \frac{1}{2}\ Kx^2$$

ميكانيك السوائل

ضغط السوائل المتوازنة :

مهما اختلف مكان الجسم فإن القوة التي يؤثر بها السائل على الجسم تكون عمودية على كل نقطة من نقاط الجسم

فإن السائل يؤثر على الوعاء الذي يحويه بقوة ناظمية على كل نقطة من نقاطه

ولحساب الضغط داخل سائل متوازن نعتمد على علاقة الضغط العامة

تعريف الضغط : شدة القوة الناظمية المؤثرة على واحدة السطوح

ويقاس الضغط في الجملة الدولية بالباسكال

$$1\ bar = 105\ \ Pascal$$

الضغط الجوي $po = 1.013\ \times 105\ \ Pa$

التوتر السطحي :

لماذا تبقى قطرة الماء معلقة في صنبور الماء لبعض الوقت ولماذا تميل السوائل لجعل سطوحها شبه كروية ؟

إن السبب يعود إلى ما يسمى بالتوتر السطحي الذي يمكن تفسيره اعتماداً على القوى التي تؤثر بين جزيئات المادة بعضها ببعض وبين جزيئات المادة والوسط المحيط

تربط بين جزيئات المادة المتجانسة قوى تسمى قوى الجذب الجزيئية (قوى تماسك) تعمل على تماسك جزيئات هذه المادة بعضها ببعض

إن قيمة هذه القوى في السوائل تكون أقل مما هي عليه في الأجسام الصلبة وهذا ما يفسر تغير شكل السائل بتغير الإناء الموجود فيه أما في حالة الغازات فتكاد تكون قوى التماسك معدومة مما يجعلها تنتشر ذاتياً في جميع أنحاء الفراغ الذي تطلق فيه

بالإضافة إلى تلك القوى يوجد قوى تأثير بين جزيئات السائل وجزيئات الأوساط الآخرى التي تلامسها سواء كانت حالة تلك الأوساط صلبة أو سائلة أو غازية تدعى هذه القوى بقوى التلاصق

تعريف التوتر السطحي : القوة العمودية المؤثرة على وحدة الأطوال من خط وهمي مرسوم على سطح السائل وهو يرتبط بدرجة الحرارة يتناقص بارتفاع درجة الحرارة ويؤول إلى الصفر عند الدرجة الحرجة T °C



لزوجة السوائل :

عنما نسكب سوائل مختلفة كالماء والزيت والعسل والغليسرين نلاحظ اختلافاً في جريانها ويعود السبب في ذلك إلى اختلاف قوى التأثير المتبادل بين جزيئاتها والذي يتجلى باختلاف سرعة طبقات السائل المتتالية (تدرج تناقص السرعة) عندما نؤثر على واحدة سطوح الطبقة السطحية بقوة مماسية ثابتة F وتسمى الخاصية المسببة لتناقص سرعة طبقات السائل باللزوجة

ويعبر عن لزوجة السائل عبر معامل اللزوجة والذي يساوي نسبة القوة المماسية المؤثرة على واحدة سطوح طبقة من السائل إلى تدرج تناقص السرعة مع العمق

وإن وحدة قياس معامل لزوجة السائل في الجملة الدولية $Pa.s$

وفي الجملة السغثية ب البواز P

والعلاقة بين الوحدتين هي : $1\ Poise = 0.1\ Pa.s$

قانون ستوكس :

لتحديد معامل لزوجة السائل نعتمد على سقوط كرة معدنية بداخله فتتسارع تحت تأثير ثقلها وتعطى بالعلاقة :

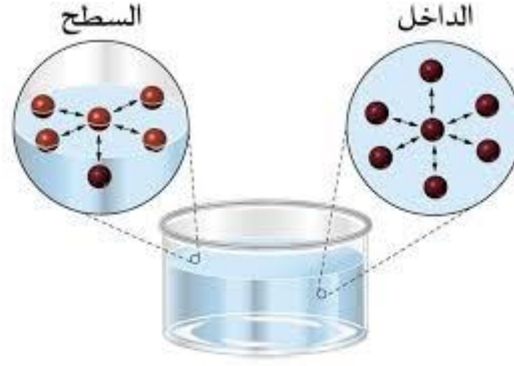
$$F_d = 6\pi\, \eta\, r\, \upsilon$$

F_d قوة المقاومة (N)

η لزوجة السائل $(Pa.s)$ أو $\left(\frac{N.s}{m^2}\right)$

r نصف قطر الجسم الكروي (m)

υ سرعة الجسم $\left(\frac{m}{s}\right)$



مسألة :

سقطت كرة معدنية نصف قطرها $r = 0.005\ (m)$ في زيت له لزوجة

$\eta = 0.8\ (Pa.s)$

بسرعة ثابتة $v = 0.1\ \left(\frac{m}{s}\right)$ احسب قوة المقاومة المؤثرة على الكرة

الحل :

نطبق قانون ستوكس $F_d = 6\pi\eta r v$

$$F_d = 6 \times \pi \times 0.8 \times 0.005 \times 0.1 = 0.00754\ (N)$$

مسألة :

كرة نصف قطرها $0.002\ (m)$ تتحرك في سائل بسرعة $0.05\ \left(\frac{m}{s}\right)$ وقوة الاحتكاك

كانت $F_d = 0.001\ (N)$

الحل :

$$F_d = 6\pi\eta r v$$

$$\Longrightarrow \quad \eta = \frac{F_d}{6\pi r v}$$

$$= \frac{0.001}{6\pi \times 0.002 \times 0.05} = 0.531\ (Pa.s)$$

مسألة :

كرة نصف قطرها $0.005\ (m)$ تسقط بالغليسيرول بسرعة $0.1\ \left(\frac{m}{s}\right)$

ولزوجة الغليسيرول $\eta = 1.5\ (Pa.s)$

فإذا كان وزن الكرة $w = 0.01\ (N)$

احسب القوة الصافية على الكرة

الحل :

نطبق قانون ستوكس $F = 6\pi\eta r v$

$$F = 6\pi\ (1.5)\ (0.005)\ (0.1) = 0.0141\ (N)$$

القوة الصافية $F_{net} = w - F = 0.01 - 0.0141 \approx 0.0041\ (N)$

السالب يعني أن القوة الناتجة من السائل أكبر من وزن الكرة وبالتالي الكرة ستتباطأ

الأمواج والحركات الموجية

مقدمة :

إن الحركات الاهتزازية ذات أهمية كبيرة في نمذجة العديد من الظواهر الفيزيائية وتعتبر الحركات الاهتزازية هامة أيضاً لأنها تولد أمواجاً و هي بدورها ذات أهمية خاصة في الفيزياء

أنواع الأمواج :

تعريف 1: الموجة عبارة عن اضطراب ينتشر أو يتحرك من النقطة التي تولد منها

ويوجد ثلاث أنواع للأمواج مثل :

الأمواج الميكانيكية - الأمواج الكهرومغناطيسية - الأمواج المادية (أمواج الجسيمات)

الأمواج الميكانيكية :

تخضع إلى قوانين وتتطلب وجود وسط مادي تنتشر فيه تنقل الأمواج الميكانيكية الطاقة والعزم ولكن ليس الكتلة الأمواج المائية والصوتية هي أمثلة عن الأمواج الميكانيكية بالنسبة للأمواج المائية وسط الانتشار هو الماء وبالنسبة للأمواج الصوتية فإن وسط الانتشار هو الهواء

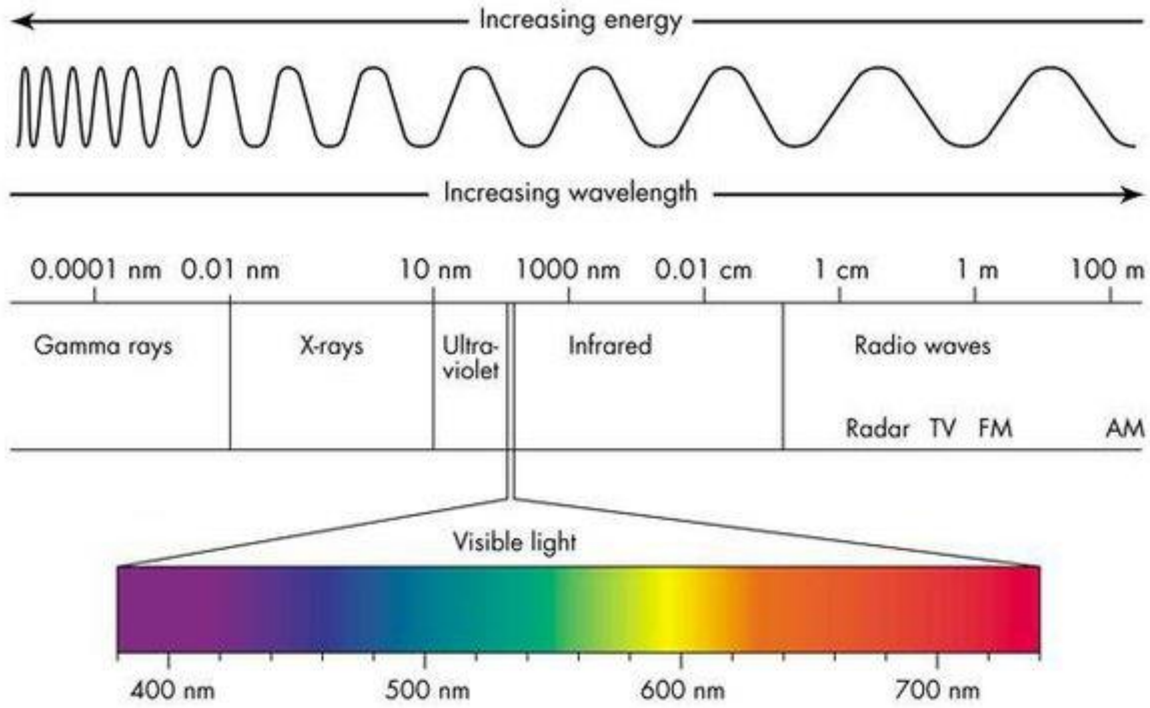
الأمواج الكهرومغناطيسية :

ترتبط الأمواج الكهرومغناطيسية بالاهتزازات في الحقول الكهربائية والمغناطيسية وهي لا تحتاج إلى وسط تنتشر فيه ومن أهم الأمواج الكهرومغناطيسية أشعة غاما والأشعة السينية والأمواج الميكروية والضوء المرئي والأمواج الراديوية ولها خصائص تشبه خصائص الأمواج الميكانيكية

إن الأمواج الميكانيكية تبدي خصائص تنطبق على كل الأمواج مثل : المطال - طول الموجة - الدور - التردد - الطاقة

سرعة الانتشار تعطى بلعلاقة :

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$



مسألة :

أطلق شادي صوتاً عالياً في اتجاه جرف رأسي يبعد $465(m)$ عنه وسمع الصدى بعد $2.75(s)$ احسب مقدار :

a) سرعة صوت شادي في الهواء

b) تردد موجة الصوت إذا كان طولها الموجي يساوي $0.750(m)$

c) الزمن الدوري للموجة

الحل :

a) $v = \frac{d}{t} = \frac{2\times465}{2.75} = 338(\frac{m}{s})$

b) $v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{338}{0.75} = 451(HZ)$

c) $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{451} = 2.22 \times 10^{-3}(s)$

مسألة :

ولد مصدر في حبل اضطراباً تردده $6(HZ)$ فإذا كانت سرعة الموجة المستعرضة في الحبل $15(\frac{m}{s})$ فما طولها الموجي

الحل :

$$v = \lambda f$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{15}{6} = 2.5(m)$$

إن الموجات تحمل طاقة مما يمكنها من انجاز عمل وربما شاهدت الأضرار الهائلة الناجمة عن العواطف الشديدة والأعاصير القوية أو التاكل البطئ للمنحدرات والشواطئ الناجم عن الموجات الضعيفة اليومية وإن سعة الموجة الميكانيكية هي التي تحدد مقدار الطاقة التي تحملها الموجة بينما يحدد الوسط وحده سرعة الموجة

مسألة :

تحركت موجة طولها $1.2(m)$ مسافة $11.2(m)$ في اتجاه جدار ثم ارتدت عنه وعادت ثانية خلال $4(s)$ فما تردد الموجة ؟

الحل :

$$v = \frac{11.2 \times 2}{4} = 5.6\left(\frac{m}{s}\right)$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5.6}{1.2} = 4.66(HZ)$$

مسألة :

إذا كان طول موجة محيطية $12\ (m)$ وتمر بموقع ثابت كل $3(s)$ فما سرعة الموجة

الحل :

$$v = \lambda f$$

$$= \lambda\ (\frac{1}{T})$$

$$= 12\ \left(\frac{1}{3}\right) = 4(\frac{m}{s})$$

الأمواج الطولانية والعرضانية :

تنتشر الأمواج العرضانية بالاتجاه الأفقي بينما يتعرض وسط الانتشار لاضطرابات في الاتجاه الشاقولي

يمكن للموجة العرضانية أن تنتشر بأي تجاه ولكن اتجاه الاضطرابات في الوسط دائماً تحدث في الاتجاه العمودي على اتجاه الانتشار

_ في الأمواج الطولانية يهتز وسط الانتشار (جيئة وذهاباً) بشكل مواز لاتجاه الانتشار حيث تنتشر الموجة الطولانية نحو اليمين

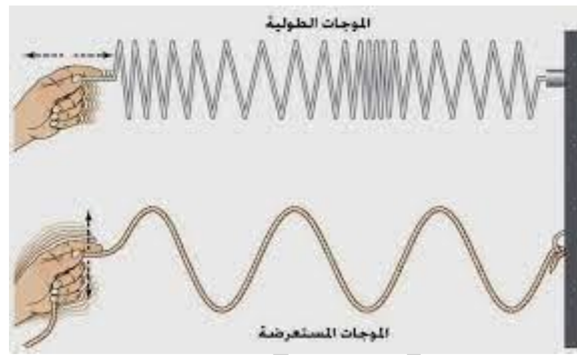
أمواج طولانية: جهة الاضطراب توازي جهة الانتشار

أمواج عرضانية: جهة الاضطراب تعامد جهة الانتشار

في الأوساط السائلة والغازية تنتشر الأمواج الطولانية على شكل انضغاطات وتخلخلات

أما في الأوساط الصلبة تنتشر فيها الأمواج الطولانية والعرضانية وفي النوابض أمواج طولانية

وفي الأوتار المشدودة أمواج عرضانية



التوصيف الرياضي للأمواج :

نموذج الموجة الرياضي في الشكل :

$$Y(x,t) = A\sin(kx \mp wt)$$

حيث : $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

وسرعة الموجة يمكن التعبير عنها على النحو التالي

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda(2\pi)}{T(2\pi)}$$

وإذا أخذنا الطور البدائي للموجة بعين الاعتبار يصبح التابع الموجي

$$y(x,t) = A\sin(kx \mp wt + \phi)$$

حيث ϕ الطور البدائي للموجة

مسألة :

لدينا موجة عرضانية تم نمذجتها رياضياً باستخدام التابع الموجي التالي والمطلوب حساب كل من الخصائص التالية :

المطال - طول الموجة - الدور - سرعة الموجة

حيث :

$A = 0.2(m)$
$k = 6.28(m^{-1})$
$w = 1.57(s^{-1})$

الحل :

$$y(x,t) = Asin(kx - wt) = 0.2msin(6.28m^{-1}x - 1.57s^{-1}t)$$

نعلم بأن $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{6.28} = 1(m)$$

طول الموجة

$$W = \frac{2\pi}{T}$$
$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{w} = \frac{2\pi}{1.57} = 4(s)$$

دور الموجة

سرعة الموجة $v = \frac{w}{k} = \frac{1.57}{6.28} = 0.25m/s$

طاقة الأمواج :

كيف تحمل الأمواج الميكانيكية الطاقة ؟

تتمتع جميع الأمواج الميكانيكية بالقدرة على نقل الطاقة عند انتشارها في وسط معين ورأينا سابقاً أن الأمواج الميكانيكية (الطولانية والعرضانية) تحتاج إلى وسط للانتشار فيه تنتقل الطاقة في وسط الانتشار من جزئ إلى جزئ مجاور على شكل طاقة اهتزازية فإذا كانت هذه الجزيئات تتحرك وفق الحركة التوافقية البسطية SHM (كما هو الحال في الأمواج الجيبية) فإن الطاقة تعطى بالعلاقة التالية :

$$E = \frac{1}{2kA^2}$$

وإن :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

الاستطاعة والشدة :

الاستطاعة الوسطية هي معدل تغير الطاقة بالنسبة للزمن أما الشدة فهي الاستطاعة الوسطية المنقولة عبر السطح والعمودية على اتجاه تدفق الطاقة

$$\bar{p} = \frac{\Delta E}{t}$$ (الاستطاعة الوسطية)

$$I = \frac{\bar{p}}{s_{\text{السطح}}}$$ (الشدة)

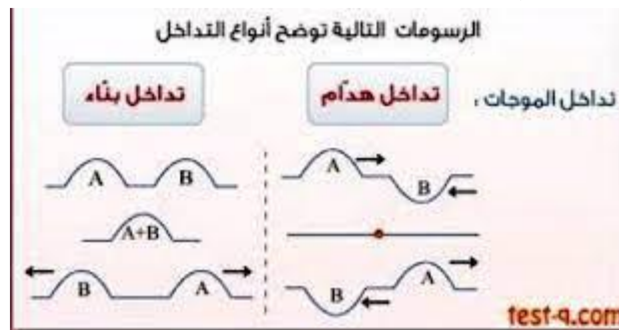
مبدأ التراكب :

ماذا يحدث للأمواج عندما تنتشر بنفس الوقت وفي نفس الوسط ؟

إنها تشكل موجة جديدة مركبة بحيث أن ازاحة هذه الموجة يعطى من خلال المجموع الجبري للأمواج المكونة الفردية ومبدأ التراكب صالح دوماً من أجل الأمواج الكهرومغناطيسية ولكن إذا كانت الأمواج ميكانيكية فإن هذا المبدأ صالح فقط إذا كانت الازاحة كبيرة عندها يمكن تطبيق قانون هوك وبالتالي مبدأ التراكب يكون صالحاً

نظرية فورييه :

إن أي موجة مركبة يمكن اعتبارها مؤلفة من عدد من الأمواج الجيبية الفردية المختلفة إن العملية التي تندمج بها الأمواج وتشكل موجة جديدة مركبة تدعى بالتداخل **وهناك نوعان من التداخل تداخل هدام تداخل بناء**



أثر دوبلر:

أثر دوبلر هو التغير أو الانزياح في قيمة تردد الصوت الذي نراقبه إما بسبب حركة المنبع أو حركة المراقب

مسألة :

أوجد تواتر ودور الاهتزاز الموافق لموجة طولها $1.7(m)$ وسرعة انتشارها $340m/sec$

الحل :

$$v = f\lambda \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{1.7} = 200(HZ)$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{200} = 0.005(\mathrm{sec})$$

القوانين الأساسية في الضوء الهندسي

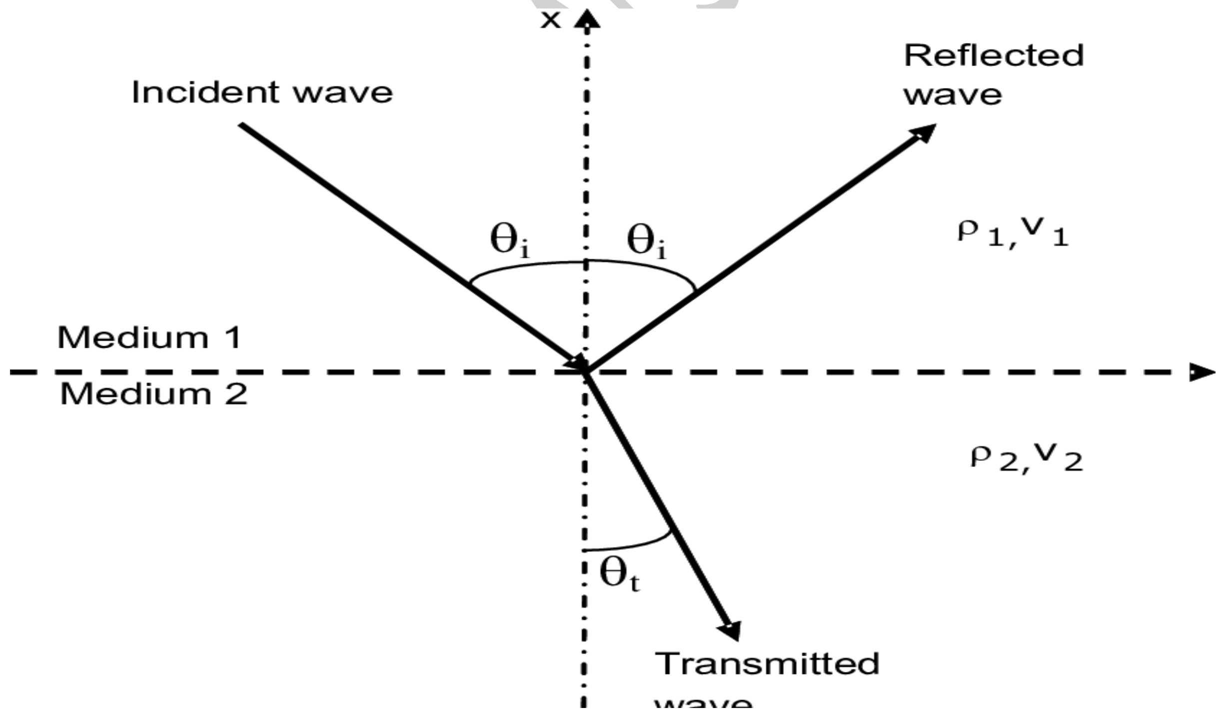
قرنية الانكسار :

تعريف : بأنها النسبة بين جيب زاوية الورود وجيب زاوية الانكسار وهي تتعلق بالخواص الضوئية للوسطين الأول الذي يرد منه الشعاع الضوئي والثاني الذي ينكسر فيه

قرنية الانكسار المطلقة للوسط المفروض : إذا ورد الشعاع الضوئي من الخلاء إلى أي وسط ينكسر فيه

الزاوية الحرجة والانعكاس الكلي :

إذا سقط الشعاع الضوئي so من الوسط الأول الذي تكون قرنية انكساره n_1 بزاوية ورود i إلى سطح وسط ثاني قرنية انكساره n_2 ويفصل بين الوسطين حيث $n_1 = n_2$ فإن هذا الشعاع سوف ينكسر قسم منه في الوسط الثاني وفق الاتجاه oD بزاوية انكسار r وينعكس القسم الأخر في الوسط الأول وفق oR بزاوية انعكاس i بحيث يتحقق قانونا الانعكاس والانكسار :



وفي هذه الحالة نميز حالتين :

الأولى : إذا كان $1 > \frac{n_1}{n_2}$ أي قرنية انكسار الوسط الثاني أكبر من قرنية انكسار الوسط الأول هذا يعني أن الشعاع يتجه من وسط أقل كسراً للضوء إلى وسط أشد كسراً وبالتالي مهما تكن قيمه زاوية الورود i وزاوية الانكسار r فإنهما يحققان العلاقة :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow$$

$$\frac{\sin r}{\sin i} = \frac{n_1}{n_2} < 1 \Rightarrow \sin r < \sin i$$

وطالما أن $\frac{n_1}{n_2} < 1$ ومن العلاقة السابقة نجد أن

$i < r$ أي أن الشعاع المنكسر ينكسر مقترباً من الناظم وعندما تقترب زاوية الورود في الصفر حيث يكون الورود ناظمي أي إلى القيمة 90° فإن زاوية الانكسار سوف تتزايد إلى قيمة معينة r تسمى هذه الزاوية بالزاوية الحرجة للانكسار

تعريف الزاوية الحرجة :

هي زاوية الانكسار المقابلة لزاوية ورود قيمتها 90°

الحالة الثانية :

إذا كان $\frac{n_1}{n_2} > 1$ أي أن قرنية انكسار الوسط الأول أكبر من قرنية انكسار الوسط الثاني فهذا يعني أن الشعاع الضوئي يتجه من وسط أشد كسراً للضوء إلى وسط أقل كسراً منه ومن ثم الشعاع المنكسر يبتعد عن الناظم وبتطبيق مبدأ رجوع الضوء على الشكل (1) نجد أن زاوية الورود تصبح هي r ويفيد ذلك أن جميع الأشعة الساقطة بزاوية ورود أصغر من r تكون خاضعة لقوانين الانكسار أما إذا كانت زاوية الورود أكبر من r فإننا نحصل رياضياً على أن $\sin i > 1$ وهذا ستحيل أما فيزيائياً فهذا يعني أن الأشعة تنعكس كلياً

مسألة :

إذا فرضنا أن الوسط الأول هو الفراغ (الهواء) الذي تكون قرنية انكساره $n = 1$ والوسط الثاني الزجاج الذي قرنية انكساره $n_2 = 1.5$ نجد من أجل الزاوية الحرجة يكون $n = 1$ و $i = 90^\circ$ وبالتالي

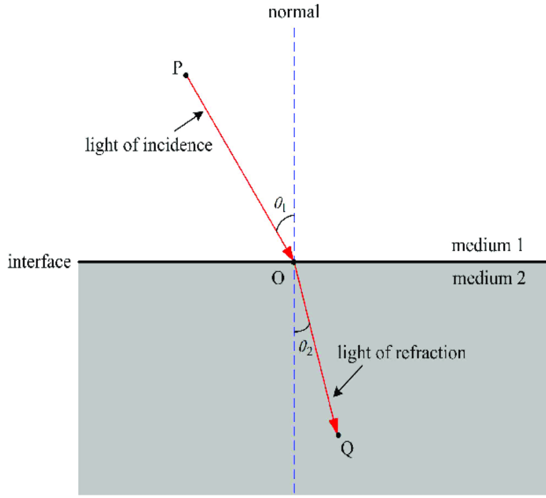
الحل :

$$1 \times \sin(90^\circ) = n_2 \sin r$$

$$\sin r = \frac{1}{n_2}$$

$$\Rightarrow r = arc\ sin \frac{1}{n_2}$$

بإجراء الحسابات نجد أن الزاوية الحرجة تساوي $r = 41.8^\circ$



الانتشار الضوئي ومبدأ فيرمات :

ينتشر الضوء وفق خطوط مستقيمة في الأوساط المتجانسة ضوئياً وتنعكس (أو تنكسر) عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين مغيرة منحاها التي وردت وفقه ويحكم انتشارا الضوء في الأوساط المتجانسة و غير المتجانسة ضوئياً مبدا عام يدعى مبدأ (فيرمات) الذي يعتمد على مفهوم أساسي في انتشار الضوء وهو المسار الضوئي وينص هذا المبدأ على أن :

طول المسار الضوئي L بين أي نقطتين يساوي إلى جداء سرعة الضوء C في الزمن Δt اللازم له ليصل من نقطة إلى أخرى أي أن $L = C.\Delta t$

أي المسار الضوئي بين أي نقتطين ثابتاً مهما تغير الاتجاه الذي يسلكه الشعاع الضوئي خلال مروره في عدد من الأوساط الشفافة

انكسار الضوء ومبدأ فيرمات :

يمكننا البرهان على صحة قا نون الانكسار وذلك بواسطة حساب طول المسار الضوئي L للشعاع من A إلى B عبر النقطة 0 وبتطبيق مبدأ فيرمات نحصل على العلاقة:

$$n_1.\sin\phi = n_2.\sin r$$

الانكسار عبر الصفيحة الزجاجية المستوية المتوازية الوجهين

تعريف : الصفيحة الزجاجية المستوية المتوازية الوجهين عبارة عن وسط شفاف متجانس محدد بوجهين كاسرين للضوء مستويين ومتوازيين وعادة تكون الصفيحة موجودة في وسط شفاف متجانس أخر ويختلف عن وسط الصفيحة نفسها مثال على ذلك اللوح الزجاجي الموجود في الهواء

الازاحة الضوئية الناتجة عن منبع ضوئي واقع على المحور الضوئي المتعامد مع صفيحة زجاجية سماكتها t وقرنية انكسارها n

نفرض أن الصفيحة واقعة في الخلاء فإن $n = 1$ وتعطى الإزاحة بالعلاقة :

$$D = t(1 - \frac{1}{n'})$$

حيث:

n' قرنية انكسار الصفيحة

t سماكة الصفيحة

D الازاحة الضوئية

ونلاحظ أن الازاحة لا تعتمد على زاوية الورود أو الانكسار

مسألة :

تسقط حزمة ضوئية على السطح الفاصل بين الزجاج ذي قرنية انكسار 1.5 والماء الذي قرنية انكساره 1.33 بزاوية ورود قدرها 45 والمطلوب :

أوجد زاوية الانكسار ؟

الحل :

نطبق قانون سنل - ديكارت في الانكسار في النقطة B نجد :

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

$$\Rightarrow sinr = \frac{n_1}{n_2} \sin i$$

$$\Rightarrow r = arcsin(\frac{n_1}{n_2} \sin i)$$

$$r = arcsin(\frac{1.5}{1.33} \sin 45) = 52.89^{\circ}$$